

Virtuális világok színhelyes és akadálymentes tervezésének tesztelési módszerei

MTA doktori értekezés tézisei

Sikné dr. Lányi Cecília, Ph.D.

Pannon Egyetem

Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék

Virtuális Környezetek és Alkalmazott Multimédia Kutatólaboratórium

Veszprém, 2020

I. **Az értekezés tárgya, előzmények, célkitűzés, motiváció**

A számítástechnika, informatika és a rendelkezésre álló számítási kapacitás fejlődése révén egyre valóságghűbb képi megjelenítés válik lehetővé. Ezen fejlődés eredményeként új tudományágak jöttek létre, pl. a számítógépes grafika, virtuális valóság. Ennek a folyamatnak egy érdekes és kihívásokkal teli része a színhelyes megjelenítés kérdése. A kapcsolódó kutatások egyik létfontosságú területe a felhasználói igényekre, ezen belül az akadálymentesítés területére összpontosít. A jelen értekezés egyik fő törekvése például az olyan webes akadálymentesítési ajánlások legitimizálásának elősegítése, melyek a szintévesztő vagy egyéb látási nehézséggel küszködő emberek számára lehetővé teszik az interneten található információk akadálymentes elérését.

Az internet megjelenésével az információátadás felgyorsult, megjelentek a közösségi hálózatok, online játék-közösségek. Ez a dimenzió több millió felhasználót ölel fel. Mind a közösségi hálózatok, mind az online játékok felfoghatók egy-egy virtuális világnak.

Az elmúlt két évtizedben a kutatómunkám két területhez kapcsolódott: egyrészt a számítógépes szoftverek színhelyes megjelenítésének témaköréhez, másrészt az alkalmazások akadálymentes tervezéséhez. A két terület szorosan kapcsolódik egymáshoz, mivel a felhasználók minimum 10%-a valamilyen fogyatékossgal rendelkezik. [71] A jelen értekezés következképpen ezen két területet öleli fel:

- szoftverek, beleértve a virtuális játékok és weblapok színhelyes tervezése,
- szoftver ergonómia, különösen az akadálymentes tervezés, hogy bárki könnyen tudja használni az adott szoftvert, weblapot. Lehet az akár játék, oktatási anyag vagy egészségügyi, orvos informatikai rehabilitációs alkalmazás.

A virtuális környezet (Virtual Environment VE): egy szintetikus, térbeli (általában 3D) világ a felhasználó nézőpontjából, mely valós időben kontrollálható. Néhány irodalomban a virtuális valóság (Virtual Reality VR) és virtuális környezet (VE) többé-kevésbé egyet jelent [72]: a virtuális környezeteket az alapján különböztetik meg a többi szimulációs rendszerektől, hogy azok képesek-e háromdimenziós (3D) térbeli információk különböző módokon való ábrázolására, képesek-e a felhasználók természetes interakcióit használni, amennyiben „belemerítő” rendszerről van szó. [68] A belemerítő rendszerek hatása a felhasználóra egy szintén élvonalbeli kutatási terület. [69] Itt is új kutatási terület lehet a kis és nagyméretű felületek színhelye, amire a valós világban sok kísérlet és kutatás létezik. [73,74]

Egyre több internetes, háromdimenziós (3D) játék található manapság. Steinkuehler vizsgálta az elmúlt években a legnépszerűbb három globális közösségi VR játékot. Ezeknek összesen több mint 9,5 millió felhasználója van szerte a világon – ez a „lélekszám” felveszi a versenyt, például a legtöbb amerikai metropolisz lakosságával.[75] Azonban egyre nagyobb az úr a virtuális hősök és a való világbeli emberek tulajdonságai között. Ez a különbség látható a színek megválasztásában is. Érdekes hipotézisként bebizonyosodott, hogy a VR játékok színezése befolyásolja-e a felhasználók memóriaszíneit. Ezért kutatási célként tűztem ki a különböző VR játékok színezésének vizsgálatát, összehasonlítva az irodalomban található memóriaszínekkel. [76,77]

A kulturális különbség tanulmányozása egy feltörekvő kutatási terület lett az elmúlt évtizedben. A kulturális különbségek hatással vannak a felhasználók információval való interakcióikra. [78-80] Az elmúlt másfél évtizedben a kulturális különbségek tanulmányozását a színtan területén végeztem.

Köztudott, hogy a színek hatással lehetnek az emberi érzelmekre, érzésekre, abban az értelemben, hogy egyes színek boldogságot, míg néhány szín deperesszítőt is kiválthatnak.[81] A kultúrák közötti vizsgálatok azt mutatják, hogy a különböző kulturális csoportok eltérő válaszokat és preferenciákat mutatnak a színek [82] és a színekombinációk vonatkozásában. [81,83]

Sato és munkatársai [84] három tulajdonság alapján végeztek vizsgálatokat: a színek befolyásoló hatása, a színezetdússág és hideg-meleg színek viszonyát vizsgálva. Smet [85] és munkatársai különböző kontinenseken végeztek szín memória vizsgálatot. Ebből a pár kutatásból is látszik, hogy a színekkel való kísérletek gyakran pszichofizikai kísérletek.

Multimédiás alkalmazások sokszor használnak grafikus rajzokat a fényképek helyett, mert ezek hatékonyabban tárolhatók és mozgathatók. Sok esetben a felhasználók megfelelőnek tartják a kevés színnel színezett képeket is. A virtuális valóság (VR) szimulációkban (elsősorban terápiás célokra) a minél élethűbb megjelenítés az elvárt. A grafikus kép készítőjének, a 3D modellezőnek választania kell a tulajdonságokat reprezentáló színek sokaságából. A legtöbb modellező szoftver a színek széles skáláját engedi használni a saját palettájáról, de nem sok útmutatást ad arra vonatkozóan, hogy hol és melyiket érdemes alkalmazni. Régebben a képek színezése a grafikus feladata volt. Manapság ez is az animációt programozó informatikus mérnökre, animátorra hárul. A képnek van esztétikai értéke is, ami annyit jelent, hogy a választott színek nem lehetnek kaotikusak, harmonikus egységet kell alkotniuk. Színharmonikiakra számos irányelv létezik.[86] Virtuális múzeumok kapcsán pedig elvárt lenne, hogy a múzeumi tárgyak, festmények valóságúen kerüljenek bemutatásra.

A tudományos előzmények között meg kell említeni a szintan oktatásához készült multimédiás oktatóanyagunkat is.[1] A szintani kutatások egyik kiemelt területe, hogy a valamilyen szintévesztéssel rendelkező felhasználók hogyan látják a szoftverek felhasználói felületét, weblapokat. Az emberiség számának növekedésével a szintévesztők száma is nő. Ez nem elhanyagolható, hiszen több százmillió embert jelent. [87,88] A szoftverek tervezésénél tehát nemcsak arra kell ügyelnünk, hogy a felhasznált színek harmonikusak legyenek, hanem a különböző színek használata során ne fordulhasson elő az, hogy egy szintévesztéssel élő felhasználó számára valami nem látható. Azaz számára is akadálymentesen lehessen használni az adott szoftvert, illetve weblapot.

Az utóbbi időben határozottan fellendült az akadálymentes tervezés területén a kutatás, növekvő számú cikk, számos fontos alkalmazás látott napvilágot. A korlátozott terjedelem miatt ezek itt nem kerülnek felsorolásra [89,90] (a saját válogatott publikációkon kívül) [2,3,30-33,55], inkább statisztikai adatokkal támasztom alá az akadálymentes tervezés fontosságát és időszerűségét.

Az Európai Bizottság prioritásai között szerepel a modern digitális szerződéses szabályok egyszerűsítése és a digitális tartalomhoz való hozzáférés támogatása, valamint az online értékesítés növelése. [91,92] Támogatni kívánják a digitális piaci stratégiát a tagországokban. Továbbá új e-kereskedelmi szabályokat vezetnek be, hogy könnyebb legyen vásároni és eladni termékeket az EU-ban.[93] Magyarországi adat, hogy 2015-ben több mint 22 milliószor vásároltak terméket online.[94] A magyarországi online kiskereskedelem forgalma 18 százalékkal bővült 2016 első fél évében az előző évhez képest, és elérte a 131 milliárd forintot.[95] Ez a szám egyre csak növekszik. A mintegy 3200 magyar webáruházzal rendelkező e-kereskedő bevonásával készült felmérés alapján a hazai online kiskereskedelem 2018-ban elérte a nettó 425 milliárd forintos éves forgalmat, ami mintegy 17%-kal múlta felül a 2017-es szintet és 4,5%-át adja a teljes magyar kiskereskedelmi forgalomnak.[96] A hetedik éve készülő, sektorszintű felmérés alapján a hazai online kiskereskedelem 2019-ben elérte a bruttó 625 milliárd forintos éves forgalmat, ami mintegy 16%-kal múlta felül a 2018-as szintet. Az online értékesítés adja a teljes magyar kiskereskedelmi forgalom 6,3%-át.[97]

Ráadásul az online vásárlók több mint fele már vásárolt egy külföldi webáruházból. [98] A magyar fogyasztók 2019-ben bruttó 145 milliárd forintért vásároltak a külföldi webáruházakban. [99] Több mint 50 000 új kezdő online vásárló jelent meg az online piacon a járvány kezdetén másfél hónap alatt. [100]

A WHO 2020 március 11-én világjárványnak minősítette a COVID-19 koronavírus-fertőzést. [101]

De ne csak az online kereskedelemre gondoljunk, hanem sokkal szélesebb területű internet használatra. Ha a közelmúlt eseményeit nézzük, a Covid-19 járvány kitörése az otthoni munkavégzést normává tette többmillió munkavállaló számára az EU-ban és világszerte. Az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontjának új elemzése feltárja azokat a kihívásokat, amelyekkel az országok, a munkaadók és

a munkavállalók szembesülnek az új otthoni munka környezetben. [102,103] Sok-sok millió ember kényszerült otthonról dolgozni és otthonról tanulni, a háziorvosi távollátásról nem is beszélve. Ez a szükségesség és a home office igénye is alátámasztja mennyire fontos az internet akadálymentesítése.

A legtöbb szoftvergyártó cég eddig nem gondolt kiemelten a speciális igényű felhasználókra, mert nem látták a potenciális piacot ezen felhasználók körében. Azonban statisztikai adatok bizonyítják, hogy a világ népességének minimum 10%-a él valamilyen formában fogyatékossgal. [71] Az USA-ban ez a szám a becslések szerint 14% és a 65 év feletti népesség 65%-a tekinthető fogyatékossgal élőknek. A fogyatékossg szorosan összefügg az életkorral. A fejlett társadalmakban egyre több ember lesz 75 évesnél idősebb, akik nagyobb valószínűséggel rendelkeznek valamilyen károsodással. Ez a csoport 14,4%-át fogja kitenni a lakosságnak 2040-re, szemben a 2003-beli 7,5%-al, azaz mintegy a kétszeresére növekszik.[104]

Továbbá, 2020-ra az Európai-Unió (EU) lakosságának 25%-a 65 év feletti lesz. A nyugdíjakra fordított összegek, az egészségügy és a hosszú távú gondozás várhatóan növekedni fog és 4-8% a lesz a GDP-nek az elkövetkező évtizedekben. Az ilyen jellegű kiadások megháromszorozódnak 2050-re. De arra is gondolni kell, hogy az idősebb európai lakosság „vagyon” több mint 3000 milliárd €. [105] Az a cég, amelyik nem számol azzal, hogy akadálymentesen nyújtja termékeit és szolgáltatásait, a fogyasztóinak/felhasználóinak jelentős részét el fogja veszíteni.

Új megoldásokra van szükség az idősök mindennapi gondozásához és egészségügyi monitorozásához, akik esetleg nem tudnak elköltözni otthonukból [106], pl. digitális e-health egészségügyi szolgáltatásokra és a távolból való digitális szociális gondozásra van szükség. [107]

Ehhez elengedhetetlen a szoftverek, az internet akadálymentessé tétele. Az internet, a szoftverek, VR alkalmazások akadálymentesítése nem egyszerű feladat hiába létezik az egyetemes, „mindenkinek tervezés” elve és szempontrendszere [70,89,90], hiába léteznek különböző szabványok és előírások az internet akadálymentesítésére. [108,109] A kérdés bonyolultabb, ha a felhasználó speciális igényeit is figyelembe kell venni. Ezért is végeztem kutatást, hogy összeállítsak egy minimális követelménylistát, amit minden szoftvermérnöknek, informatikusnak és webes tervezőnek figyelembe kellene vennie. [2,3,30-33,55]

A kiterjesztett valóság (Augmented Reality AR) és a virtuális valóság (VR) globális piacának becslései szerint 2020-ban 22,1 milliárd USD bevételt generálnak, és a növekedés 2025-re várhatóan eléri a 161,1 milliárd USD-t, ami az előrejelzési időszakban 48,8% összetett éves növekedési rátát jelent. A piacot olyan tényezők mozgatják, mint a növekvő reagálás ezen technológiák iránt, az AR és a VR technológia gyors elfogadása a különböző iparágakban, valamint az AR és a VR összeolvadása a vegyes valóság kialakítása érdekében, amely megvalósítható a leendő alkalmazásokhoz.[110] A VR/AR iparág gazdasági elemzői az elkövetkezendő 10 évben 182 milliárd dolláros növekedést prognosztizálnak. Ebből 110 milliárd a hardver és 72 milliárd a szoftver.[111] Mivel az olyan vezető szoftvercégek, mint a Microsoft egyre inkább töreksenek az akadálymentes szoftverek kiadására, a játékiparban is egyre több igény merül fel az akadálymentes tervezésre.

Összefoglalva, a népességi adatokból, a felhasználók igényeiből és az e-kereskedelmi, e-health törekvésekből látszik, mekkora igény van az akadálymentes szoftverekre és internetes elérhetőségre. Mindehhez hozzájárul a színhelyes tervezés fontossága is. [5-8]

Az értekezés legfőbb célja, hogy a felvázolt felhasználói akadályokra és problémákra mérések és statisztikai elemzések alapján megoldásokat javasoljon az életminőség javítása érdekében; valamint tesztelési módszereket, ajánlásokat készítsen felhasználóbarát, színhelyes és akadálymentes internet és szoftverek tervezéséhez.

II. Alkalmazott eszközök és vizsgálati módszerek

A tézisfüzetben összefoglalt eredményeket a szűkebb szakterület hagyományosan elfogadott módszereivel értem el. Kutatómunkám során, ahol csak lehetséges volt, törekedtem az objektív vizsgálatokra, mérésekre. Látás-pszichofizikai vizsgálatokra különféle pszichofizikai módszereket lehet alkalmazni. A szintani vizsgálatokhoz a kísérletek, mérések egyrészt objektív mérési módszeren alapultak:

- szoftveresen – a Photoshop Eyedrop tool segítségével,
- mérőműszer segítségével - az X-rite Eye-One (i1), Minolta, Spectrascan spektro-colorimetert-használva,
- a témavezetett hallgatói kutatócsoportom által készített teszt-szoftverek segítségével,
- Microsoft Excel adatelemző szoftver használatával,
- R (R 3.5.0 verzió) statisztikai program csomag használatával,

másrészt a színmemóriára vonatkozó kísérletek szubjektív pszichofizikai vizsgálattal készültek.

A Human-Computer Interaction: a szoftver-ergonómia területéhez tartozó akadálymentes tervezési kérdésekben a méréseket egyrészt objektív módszerrel, a témavezetett hallgatói kutatócsoportom által készített teszt-szoftverekkel, nemzetközileg elfogadott validáló szoftverekkel; másrészt humán kérdőívekkel végeztem: a hallgatói kutatócsoportom által készített játékok felhasználói felületre, illetve használhatóságára vonatkozó vizsgálatokkal.

A kérdőívekből nyert adatok leíró statisztikai jellemzők kiszámításán túl matematikai eljárások alkalmazásával kerültek vizsgálatra. A webhelyek átlagos hibaszámának azonossága különböző csoportosítások révén is összehasonlításra került. Az egyes hibatípusok gyakorisága, egyes feltételek teljesülése esetén a hibatípusok arányának egyezősége is a vizsgálatok tárgyát képezte. Pearson korrelációs együttható alkalmazásával vizsgáltuk a hibajellemzők országjellemzőkkel való összefüggőségét (pl. idős populáció aránya), valamint az egyes tesztelő programok által talált hibaszámok korrelációját. A nullhipotézis a korrelációs együttható 0 értéke volt, mivel normális eloszlás esetén ez egyben függetlenséget is jelent. A vizsgálatok szerint nincs korreláció a vizsgált tesztípusok eredményei között, ami azt mutatja, hogy az egyes hibadetektálók más-más jellegű hibákat jeleznek. Az országok közötti hasonlóságok a k-means klaszterezési eljárással is kimutatásra kerültek. Az összes statisztikai számítást az R statisztikai programcsomag segítségével történt (R verzió: 3.5.0.).

A nemzetközi együttműködéssel folytatott kutatási-fejlesztési projektek keretében, laboratóriumi kísérletek és oktatási, rehabilitációs megfigyelések révén kidolgozott eljárásokat, kérdőíveket részletesen a téziseknél feltüntetett publikációkban ismertetem. Tevékenységem egyik fontos elemét éppen az képezte, hogy a szoftvergonómiai elvek milyen módon és mértékben vezethetők át a szoftvertervezés napi gyakorlatába.

A tézisfüzetbe azon eredmények kerültek a PhD fokozat, illetve a habilitáció megszerzése óta, amelyekben a hozzájárulásom lényeges volt, amelyekben a saját munkám túlnyomónak mondható. Pár publikációtól eltekintve, melyek Schanda János professzor úrral közösen végzett kutatás eredményei, a publikációk döntő többsége a saját témavezetett B.Sc., illetve M.Sc. és egy esetben PhD hallgatóval végzett közös munkából születtek, ezekben az esetekben társ-szerzőkként tüntettem fel őket. A megállapítások, tézisek a társ-szerzőim hozzájárulásával kerültek ide.

Az egyes tézisek ezeket a publikációkat többnyire időrendben tartalmazzák. Az elmúlt másfél évtized csupán 70 saját publikációját (terjedelmi korlát miatt) soroltam fel a tézisekhez és előzményeihez, de ennek a számnak többszöröse is igazolja a tézisek állításait. (Az MTMT oldalán az itt fel nem sorolt publikációknak elérhetősége megtalálható.)

III. Az új tudományos eredmények összefoglalása tézisekben

A tézisek az alkalmazott kutatási eredményeimnek tömör összefoglalását tartamazza. Téziseimet témáik szerint három téziscsoportba soroltam.

- I. **TÉZISCSOPORT: Színtervezés területén: A virtuális világok nem valóság-hű színekkel jelenítődnek meg, abban az esetben sem, amikor a színhelyes megjelenítés elvárt lenne, ami befolyásolja a memóriaszíneinket.**

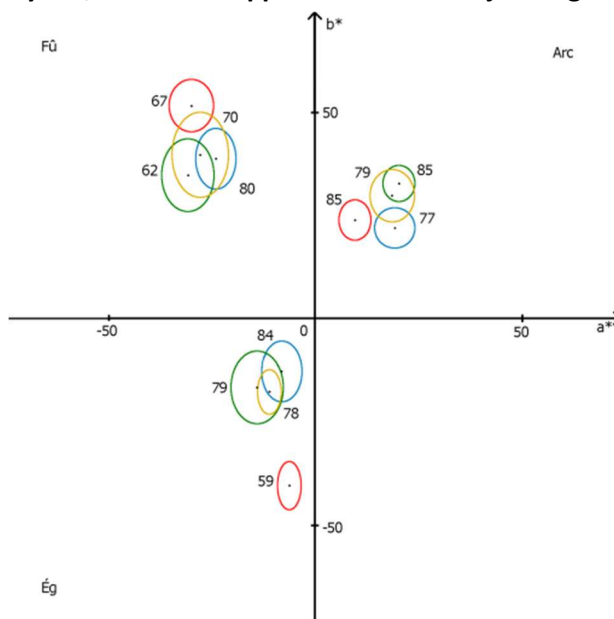
I/1. altézis: Mérések alapján megállapítottam, hogy nem valóság-hű színeket használnak a képregénykészítők és VR játékfejlesztők. [9], [34], [56-59]

A mérésekhez több mint 300 grafikus képet, elsősorban képregényt, gyűjtöttem minden földrészről. A képek csoportosítása alapján meghatároztam, hogy melyek azok a tulajdonságok, melyeket érdemes kiemelten vizsgálni. Szinte minden képnek van szereplője, akiknek van arcuk, hajuk (szőke, barna, fekete, vörös). Sok a tájkép (európai és japán esetben), tehát vizsgálhatjuk az ég, a felhő, a tó, a fű, a lomb, a fatörzs és a homok színeit.

A kategóriák és a vizsgálandó tulajdonságok megállapítása után egy relációs adatbázis készült az adatok tárolásához. Az adatbázisban tároltam minden fontos adatot, amire később szükség lehet a kiértékelésnél. Helyszín szerint is csoportosítottam a képeket: tájkép, belső tér, város, portré, stb. Méréseimhez a CIELAB színrendszert használtam. [112] Az RGB és CMYK rendszerekkel ellentétben ez egy berendezés-független színábrázolási mód, amely a színábrázolás egyik nemzetközi szabványa. [113] A CIELAB színtér elméletben minden szín ábrázolására alkalmas, ezért is lett ez a színinformáció átvitelének az alapja. A CIELAB modellben meg kell adni a világosság (L) mellett a színesség helyét az a^* , illetve a b^* skálán, amelyek a zöld és vörös, illetve a kék és sárga közti egyensúlyt határozzák meg. A színeket három jellemző szerint kategorizálhatjuk: világosság, telítettség, színezet. Papíron szerzett képregények (hard-copy) színeinek mérése egy kézi spectro-colorimeterrel történt. A mérés beállítása: CIE Illuminant D65-ös megvilágítás és 2 fokos észlelő. Az Internetről vett képek (soft-copy) mérése az Adobe Photoshopban történt, a Sample Tool segítségével mintákat vettem a különböző tulajdonságokból és ezek az adatok kerültek mentésre az adatbázisban. A mérések alapján a következőket állapítottam meg:

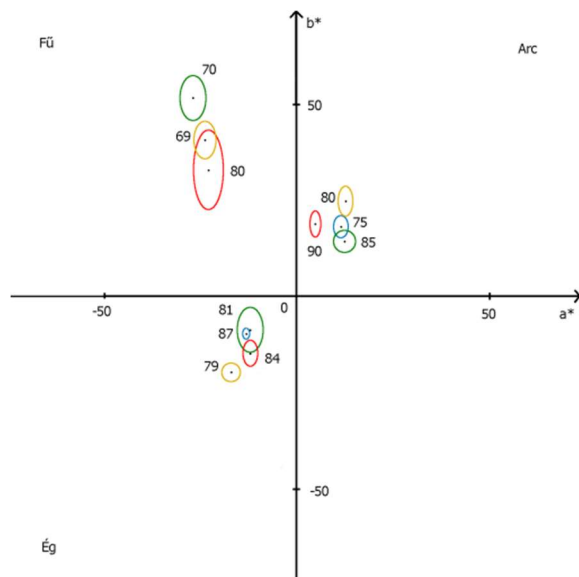
I/1.1. Japán internetes képregények színezésekor a telítettebb, erőteljesebb, sokszor a sötétebb színeket használják, míg az európaiaknál a halványabb, világosabb színeket részesítik előnyben. Arcszín választásánál a japán szín sokkal halványabb, de semmiképpen nem nevezhetjük sárgásnak, ahogy a valóságban.

1. ábra: Három jellemző tulajdonság eredményeinek ábrázolása az a^* , b^* grafikonban. Kék az amerikai, zöld az ausztrál, piros a japán és sárga az európai soft-copy értékek. A középpont az átlagérték, az ellipszis sugara az a^* , b^* szórás értékei, L^* értéke az ellipszisek mellett szerepel.



I/1.2. Nyomtatott képregény-papírképek esetében a japán színek a leghalványabbak, és az ausztrálok a legélénkebbek.

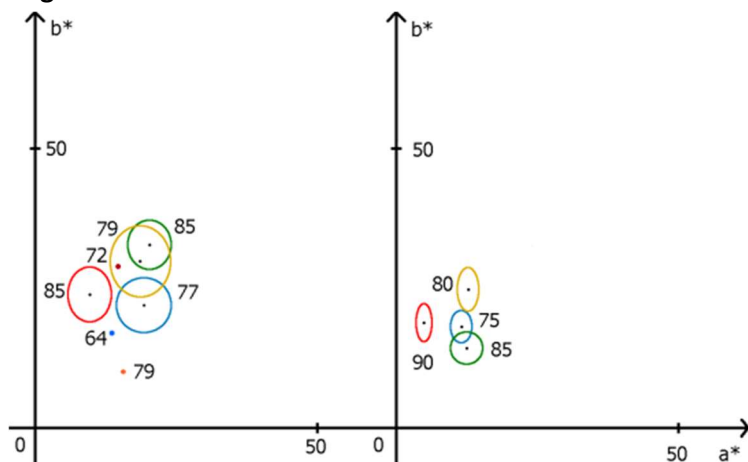
2. ábra: Három jellemző képrészlet eredményeinek ábrázolása az a^* , b^* grafikonban. Kék az amerikai, zöld az ausztrál, piros a japán és sárga az európai hard-copy értékeket jelöli. A középpont az átlagérték, az ellipszis sugara az a^* , b^* szórás értékei, L^* értékei az ellipszisek mellett szerepelnek.



I/1.3. Az amerikai képregényekben bizonyos tulajdonságok (kékes-zöld arcszín, a sárgás táj) színei egészen távol állnak a valós színektől.

I/1.4. Hard-copy (nyomtatott) színek összevetése a soft-copyval (monitor) nemzetenként: a papíron mért eredmények kicsit fakóbbak, nem olyan élénkek, mint az Internetes (soft-copy) képek, ezek általában sötétebbek is. Legtöbb esetben a japánok színezési szokásai térnek el a többi kultúrterülettől. A japánok használják a legélénkebb színeket a monitoron megjelenített képeknél, de a papírkép eredményeik viszont világosabbak.

3. ábra: Az arcszín eredményeinek ábrázolása az a^* , b^* grafikonban. Baloldalt a soft-copy, jobboldalt a hard-copy eredmények láthatók. Kék az amerikai, zöld az ausztrál, piros a japán és sárga az európai ellipszisek. A középpont az átlagérték, a sugár az a^* , b^* szórás értékei, L^* értéke az ellipszisek mellett szerepel. Narancs pont: Bartleson [114], bordó pont: Tarczali [115], kék pont: a műszerrel mért átlageredmény.



A virtuális játékok színeinek kutatásában (stílust, tartalmat és a grafikát figyelembe véve) osztályoztam a legdivatosabb virtuális játékokat. Nyolc csoportot alakítottam ki: 1. Action, Adventure, Mystery Games, 2. Children's Games, 3. Driving & Racing, 4. First-person Shooters, 5. Simulations, 6. Role-playing Games, 7. Strategy, 8. Sports. Mindegyik játékcsoporton belül 7-10 játékból kerestem összesen 752 képet az Interneten, majd 20 játékból, amiknek volt film párja, 179 képet választottam ki. A képanyagot eltároltam a forrás megjelölésével egy-egy könyvtárba. A képeken látható objektumoknak (fa, fű, lomb, ég stb.) és lényeknek (az adott játék szereplőinek bőrszíne, hajszíne) Adobe Photoshop-pal meghatároztam a színi tulajdonságait és ezeket a forrás megjelölésével eltároltam egy adatbázisba. Több mint 4500 mérési adatot kaptam. Ezen adatokat statisztikailag elemeztem (átlag, szórás) és hasonlítottam a képregényekben használt átlagos színekhez, és a

memóriánkban tárolt színmemória színekhez. A méréseket a CIELAB színrendszerben végeztem. Vizuálisan két-két szín közötti különbséget jelzőkkel (nagy kicsi stb.) minősítjük. Ennek a CIELAB színrendszerben a világosságkülönbségből és az a^* b^* koordinátákból a következőképpen meghatározott mennyiségek felelnek meg: Δh_{ab} színezeti szög különbség ($h_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$) és a ΔC_{ab}^* színezet-dűsság különbség ($C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$). Ezek mérésével, illetve számításával állapítottam meg a következő tézisekhez tartozó állításokat.

I/1.5. VR játékok arcszínezete sárgásabb a memóriaszíneknél, az Action, Adventure, Mystery Games; Driving & Racing Games; First-Person Shooters Games játékoknál barnás arcszíneket használnak kaukázusi bőrszín esetén is. A valósághoz közelebb álló arcszíneket használnak a gyermek, szimulációs és stratégiai játékokban.

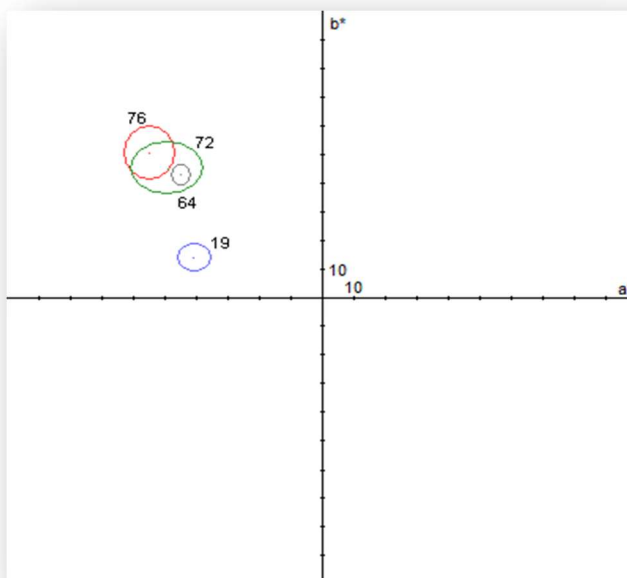
I/1.6. VR játékok zöld fű színezete (gyermek és szerepjátékok kivételével) sötétebb és barnásabb, mint a memóriaszíneink. Ebben az esetben is a VR játékkészítők nem valós színeket használnak a fű színezésére. Filmek esetén az Action, Adventure, Mystery Games fű színe sokkal sötétebb és barnásabb, mint a memóriaszíneink.

I/1.7. VR játékok égbolt-színe az Action, Adventure, Mystery Games; First-person Shooters Games játékokban nagyon szürke. Filmek általában világosabb színű eget használnak, mint a hozzá tartozó játék kategóriabeli színek. Az Action, Adventure, Mystery Games csaknem fehér színű eget, míg a First-person Shooters Games lila színárnyalatot használnak.

I/2. altézés: A VR világok hamis színe befolyásolja a memóriaszíneinket. Az értelmileg akadályozott diákok, nem játékfüggő diákok és VR játékfüggők memóriaszíne eltérő. [9], [35]

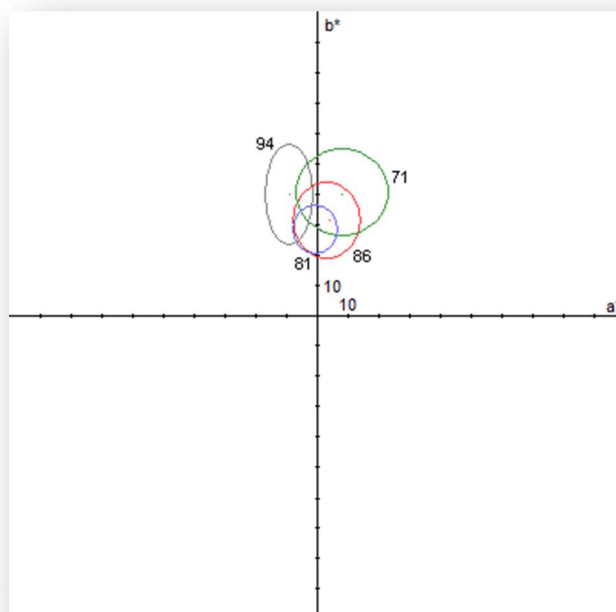
A memóriaszíneket, mint kifejezést azon jól ismert tárgyak színeinek leírására használjuk, melyekre valamilyen régi, vizuális élmény alapján visszaemlékezünk. A memóriaszínek nem a tiszta színemléket jelentik, amit színmemóriának hívunk, hanem úgy tekintik azokat, mint a mindennapi életből jól ismert tárgyak egyéni színemlékeit. Ezek a színek a gyakori ismétlődő észlelésük miatt aránylag stabilizálódnak. Ezek olyan színek, amiket nagyszámú színes minta alapján választunk, ha megkérjük az illetőt, hogy mutassa meg milyen az emberi arcszín vagy az ég kékje stb. Minden embernek van gyakori vizuális élménye a mindennap látott emberekkel (bőrszín), tárgyakkal, vagy tájelemekkel (tájkép: ég, lomb, víz) kapcsolatban, melyek az ember emlékezetében az ún. memóriaszíneket eredményezik. A kutatásbeli vizsgálathoz a megfigyelőknek egy, a hallgatóim által készített szoftver segítségével fekete-fehér képeket kellett kiszínezni.

4. ábra: A fű memóriaszíne, *általános iskolások (piros)* $L^*=76$, *értelmileg akadályozott diákok (zöld)* $L^*=72$, *játékfüggő egyetemisták (kék)* $L^*=19$, *nem játékfüggő egyetemisták (szürke)* $L^*=64$



75 megfigyelő használta ezt a teszt szoftvert 4 csoportban: 20 átlagos általános iskolás gyermek (8-9 éves), 10 értelmileg, tanulásában akadályozott gyermek (9-15 év közötti), 24 virtuális játékfüggő egyetemi hallgató (átlagéletkor: 20 év) és 21 egyetemi hallgató, akik ritkán vagy soha nem játszanak VR játékkal (átlagéletkor: 20 év). A feladat képek kiszínezése volt a szoftverbe illesztett színpaletta segítségével és néhány kérdés megválaszolása. A kísérletet egy sötét szobában végeztem egy laptop segítségével, amelynek monitorát egy Eye-One készülék kalibrálta. Minden megfigyelőnek jó színlátása volt, Colourlite színtesztet teszteltem őket. A megfigyelők által a kiszínezéshez választott színek adatbázisba kerültek és onnan értékeltem ki az adatokat numerikusan.

5. ábra: Kaukázusi bőrszín memóriaszíne *általános iskolások (piros) $L^*=86$, értelmileg akadályozott diákok (zöld) $L^*=71$, játékfüggő egyetemisták (kék) $L^*=81$, nem játékfüggő egyetemisták (szürke) $L^*=94$*



II. **TÉZISCSOPORT: Human Computer Interaction és akadálymentes WEB területén:** Kutatást végeztem a weblapok akadálymentes tervezésére. Ezekhez ajánlást, tervezési módszert és tesztelési módszert is javasoltam. [10], [11], [12], [13], [14], [30], [31], [36], [66]

II/1. **altézis:** Módszert javasoltam a WEB és a VR játékok színhelyes tervezésére, hogy a színtévesztők számára ne vesszen el információ és akadálymentesen használhassák azokat. [15], [16], [40], [41], [57], [58]

Korábban nem találtam olyan publikációt, amely foglalkozna a rehabilitációs játékok színének tesztelésével, ezért elvégeztem a StrokeBack [116] projekthez tervezett rehabilitációs játékok színtévesztési tesztelését. Ebben a tesztelésben a vizsgálat fő témája az volt, hogy a különböző színtévesztéssel rendelkezők hogyan érzékelik a játékokat. A vizsgálathoz 4 különféle internetes színtévesztő-szimulátort használtam, ahol képeket lehet feltölteni tesztelésre (ASP.NET) [119], (ETRE) [117], (Coblis) [118] és egy letölthető szoftvert, a ColorOracle-t (ColorOracle) [120] használtam, amellyel teszteltem a képernyőn megjelenő képeket, hogy megtudjam, hogyan néznek ki ezek a különféle színtévesztéssel rendelkező felhasználók számára (deuteranopia, protanopia, tritanopia). Tesztelésem eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy a helyes színtervezés alapján az objektumok jól láthatóak, tehát a színtévesztő betegek ugyanúgy gyakorolhatnak, mint az ép színlátók.

A magyar egyetemek weboldalait vizsgáltam színhelyességi szempontból a tézishoz tartozó második kutatásban. Ennek a kutatásnak a fő célja az volt, hogy megválaszolja azt a kutatási kérdést, hogy a magyar egyetemek weboldalai elérhetőek-e azoknak a hallgatóknak, akiknek valamilyen színtévesztési problémájuk van.

Három típusú vizsgálatot végeztem:

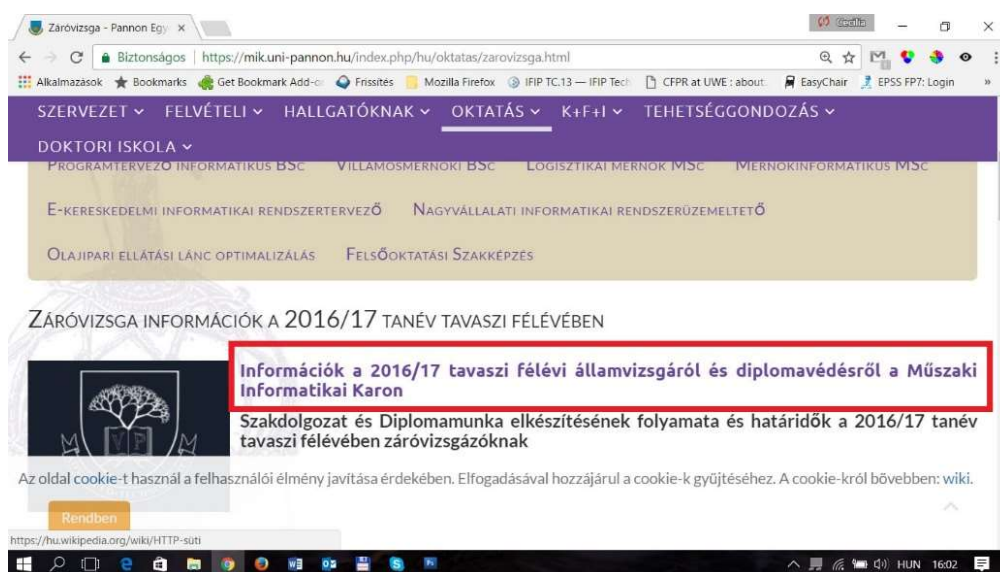
- automatikus tesztelés az AChecker automatikus tesztelővel [121],
- félautomatikus teszt: öt különféle szintévesztő szimulátorral, amelyek elérhetők az interneten, és ahol képeket lehet feltölteni ASP.NET [119], ETRE [117], Coblis [118], valamint letölthető szoftverrel, a ColorOracle-lal [120], amellyel a megjelenő képeket tesztelhetjük a fejlesztői számítógép képernyőjén. Az ötödik a SEE [122] webes alkalmazás volt.
- humán tesztelés a Variantor [123] speciális szemüveggel, valamint kérdőív megválaszolásával.

A kutatás során meghatároztam a magyarországi 64 felsőoktatási intézmény honlapján előforduló leggyakoribb akadálymentességi problémákat a színhelyes tervezés szempontjából. Az 1. táblázat tartalmazza a WCAG 2.0 [109] iránymutatások alapján ismert problémák számát, amelyek szorosan kapcsolódnak a weboldalak láthatóságához.

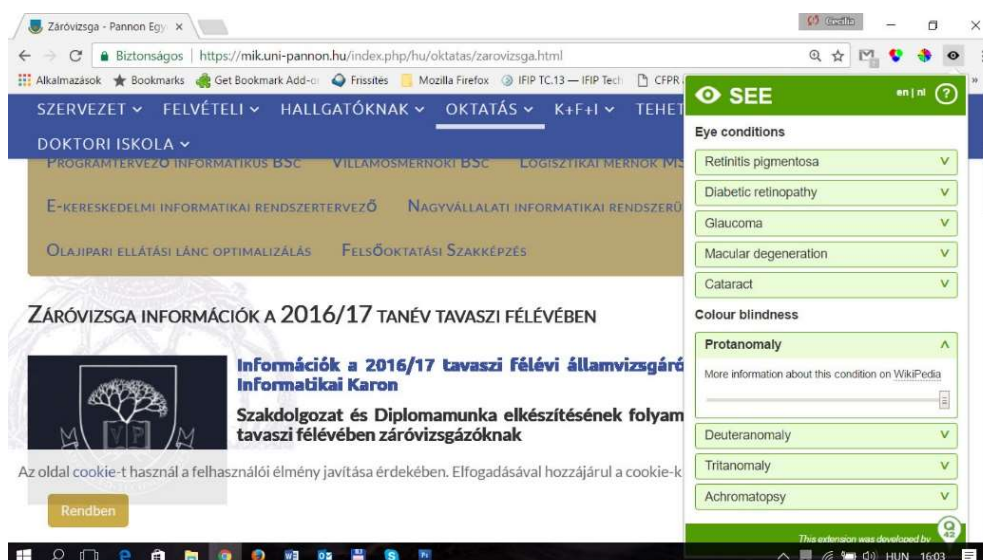
1. táblázat: A WCAG 2.0 által az AChecker használatával megállapított „known” hibák száma

Guidelines	Megfelelőségi követelmény szint	Összes hiba szám	Előfordult legnagyobb hibaszám	Átlag hibaszám
1.1.1 Non-text Content	(Level A)	994	315	15.53
1.4.1 Use of Colour	(Level A)	2	1	0.03
1.4.4 Resize text	(Level AA)	579	77	9.05
1.4.6 Contrast (Enhanced)	(Level AAA)	2164	440	33.81

A 6. ábra tervezési hibát mutat: zavaró színek. „Információk a 2016/2017-es tavaszi félévi államvizsgáról és diplomavédésről...” a fekete-fehér címer jobb oldalán található lila szöveg nagyon hasonló a linkek kék színéhez, azonban ez nem egy link. Ez a világos lila ugyanolyan lila, mint a főmenü sorának háttére és az alatta lévő almenü szövege. A 7. ábra mutatja, hogy mennyire zavaró az, hogy az „Információk a 2016/2017-es tavaszi félévi államvizsgáról és diplomavédésről” szöveg hivatkozásnak tűnik, bár nem link.



6. ábra: Az eredeti weboldal a „záróvizsga” információiról.



7. ábra: A „záróvizsga” információinak weboldala, ahogyan azt egy protanóp felhasználó látja

A tesztelés eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy sajnos nem minden magyar felsőoktatási webhely mondható akadálymentesnek a szintévesztési tesztelés alapján. Tehát azon hallgatók vagy jövőbeli hallgatók, akiknek valamilyen szintévesztési problémájuk van nem tudják az információt ugyanolyan „egyszerű” módon megtalálni, mint az ép színlátók. Azt javaslom, hogy a webtervezők olyan weboldalakat hozzanak létre, ahol nemcsak a színek szolgáltatnak információkat. Ez azt jelenti, hogy a weboldalakon bizonyos minták vagy nagymértékű kontraszt lenne hatékony a szövegek, gombok és linkek könnyű láthatóságához.

Ezzel a kutatással szerettem volna felhívni az informatikusokat a hiányosságokra, hogy a jövőben javítsák az oktatással kapcsolatos számítógépes játékok és a weboldalak szolgáltatásainak színvonalát. Ebben az esetben a szintévesztéssel rendelkező felhasználók és hallgatók a jövőben gond nélkül használhatják a számítógépes játékokat és a magyar egyetemek weboldalait.

II/2. altézis: Tesztelések alapján meghatároztam a WEB akadálymentességi ajánlások minimális 12 pontból álló szempontrendszerét. Továbbá kidolgoztam egy szakértői kérdőívet a weboldalak tesztelésére. [4], [17], [37], [38], [54], [57], [58], [60]

A kutatás első fázisában riportot készítettem speciális felhasználókkal, majd két szoftver (validator) segítségével készültek a vizsgálatok 12 ország (Amerikai Egyesült Államok, Anglia, Ausztria, Franciaország, Japán, Lengyelország, Magyarország, Németország, Norvégia, Peru, Svájc, Szlovákia) kb. 500 weblapját tesztelve. Az egyik validator a WebXACT [124], a másik a XValid [17], [125] volt. Ezek segítségével 15 kategóriában: kormányzati, oktatási, kereskedelmi, internetes vásárlási, egészségügyi, újságok, TV csatornák, menetrendek, bankok, szabadidő, múzeumok, segítő technológia, tudományos, chat oldalak és sport hírek weblapjai kerültek vizsgálat alá. Az így gyűjtött adatokból átfogó statisztikát készítettem, nemcsak országokként, hanem Európára és Európán kívüli országokra és a 15 kategóriára vonatkozóan is.

A statisztika alapján megállapítottam a leggyakrabban előforduló hibákat, melyek az ajánlásaim alapját képezik. Az összes vizsgált weblap hibáinak statisztikai elemzése után az 50%-os hibahatár feletti hibajelzésekre és figyelmeztetésekre koncentráltam. Megnéztem, hogy melyek ezek a hibaüzenetek, és ennek alapján fogalmaztam meg konkrét technikai (nem szubjektív) ajánlásokat. A következő 10 pontos ajánlásrendszer (ami konkrétabb, mint a WCAG 1.0 [108] illetve WCAG 2.0 [109]) figyelembevételével a vizsgált weblapok minimum 50%-a akadálymentes lenne. Ezek betartása költséghatékony és kevés ráfordított időt igényel.

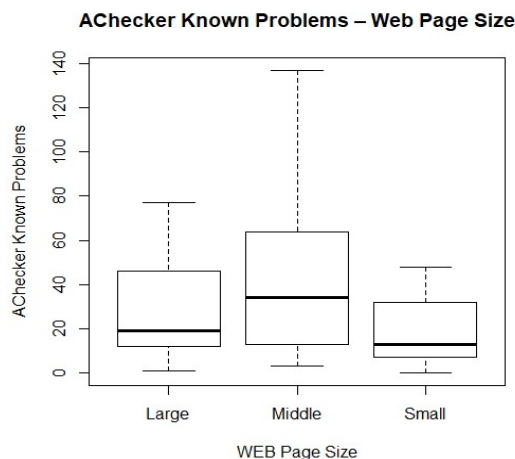
A kutatás második fázisában új méréseket végeztem. A vizsgálatok elsődleges célja az volt, hogy kilenc európai országban megvizsgáljam az egészségügyi ellátással kapcsolatos webhelyeket és azok akadálymentességét felmérjem. Ilyen részletes statisztikai összehasonlítást Európában még nem végeztek, főleg mivel ezen kutatás kettős mérési rendszert kínál, amely kombinálja az automatizált tesztelő szoftver alkalmazását és a felhasználói visszajelzések statisztikai elemzését. A kutatásban 48 kelet-európai webhelyet hasonlítottam össze 51 nyugati és észak-európai webhellyel. A kutatási fázis három lépésben történt, egyrészt az AChecker [121] használatával, másrészt a Nibbler [126] segítségével, majd ezt követően szakértői csoport által kiértékelt felhasználói visszajelzési kérdőívek segítségével. Ezen kutatás célja az volt, hogy meghatározza a leggyakoribb akadálymentességi problémákat és felhívja a webhelyek tulajdonosának figyelmét a hiányosságokra annak érdekében, hogy a jövőben javítsák az egészségügyi ellátással kapcsolatos internetes oldalak szolgáltatásának minőségét. Két további ponttal bővítettem az előző 10 pontos ajánlásomat.

- i. Minden nem szöveges elemhez (pl. képhez) adjunk meg rövid leírást; ha a rövid szöveges leírás nem tudja visszaadni az eredeti információt, akkor hosszú leírást adjunk meg!
- ii. Abszolút helyett relatív méretezést és pozicionálást használjunk!
- iii. Az oldal információtartalma az egér használata nélkül is legyen elérhető (ne JavaScript-es eseménykezelőktől/modális ablakoktól függjön a tartalom megjelenítése)!
- iv. Az űrlapelemek leírása <label> tagekkel történjen, és ahol ez nem lehetséges, használjuk a „title” attribútumot!
- v. A hivatkozások szövegei szövegkörnyezettől függetlenül legyenek érthetők!
- vi. A <html> elem rendelkezzen „lang” attribútummal a szöveg elsődleges nyelvének azonosítására, valamint „dir” attribútummal a szöveg írási irányának meghatározására!
- vii. Minden <table> elemnek legyen „summary” attribútuma, amely leírja a tábla struktúráját és tartalmát!
- viii. Az egymás mellett szereplő linkek között mindig legyen valamilyen elválasztó karakter!
- ix. Ellenőrizzük, hogy a weblapok <title> eleme valóban azonosítja-e az adott lapot, utal-e a tartalomra!
- x. A html elemek legyenek korrektül lezárva, hogy a segítő technológiáknak ne kelljen inkonzisztens szerkezetek javításával foglalkozniuk!
- xi. Minden webhelyet reszponszívvá kell tenni, hogy bármilyen eszközön vagy platformon optimálisan jelenjen meg, a képernyő méretétől függetlenül.
- xii. Teszteljen valódi felhasználókkal! Vonja be a fogyatékossgal élőket a kutatási, tervezési és fejlesztési folyamatba. Ez magában foglalja a különböző fogyatékossgal élő emberek bevonását a következők segítségével:
 - fókuszcsoporthoz,
 - használhatóság tesztek,
 - a tervező és kutatócsoport.

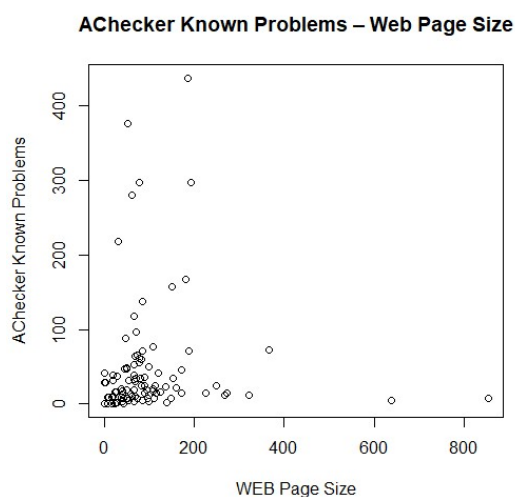
II/3. altézis: Megcáfoltam Goodwin és munkatársai azon tézisé [127], hogy minél gazdagabb egy ország (egy főre jutó GNI), annál kevesebb akadály jelenik meg webhelyein és minél nagyobb a weboldal mérete Kbyte-ban, annál több akadály jelenik meg az oldalon. Tehát megmutattam, hogy az akadálymentesen hozzáférhető weboldalak kialakítása független a gazdasági helyzettől és a weboldalak méretétől, valamint a demográfiai igényektől is. [4]

A fenti kutatásban a vizsgált európai webhelyek kelet európai és észak-nyugat európai országokba lettek csoportosítva. Az eredmények különféle szemszögből lettek összehasonlítva és megmutattam, hogy a két csoport között nem lehet szignifikáns különbséget megállapítani a gazdasági helyzetükre alapozva. Ugyanígy nem figyelhető meg korreláció a weboldalak méretének kilobájtban, az akadályok számával történő összehasonlításakor. Továbbá, nincs szignifikáns korreláció a szoftver tesztek eredményei és az idős emberek aránya között az adott országban.

A 8. és 9. ábra azt mutatja, hogy az AChecker teszt esetén a nagyobb méret nem jelent tendenciájában több hibát. A korrelációs együttható becslött értéke 0,027, ez nagyon közel áll a 0-hoz. A próba során számolt p-value értéke 0,791, ezért elfogadjuk azt a hipotézist, hogy ezek a mennyiségek nem korrelálnak. Ez az eredmény ellentétes azzal, amit Goodwin et al. [127] állított.

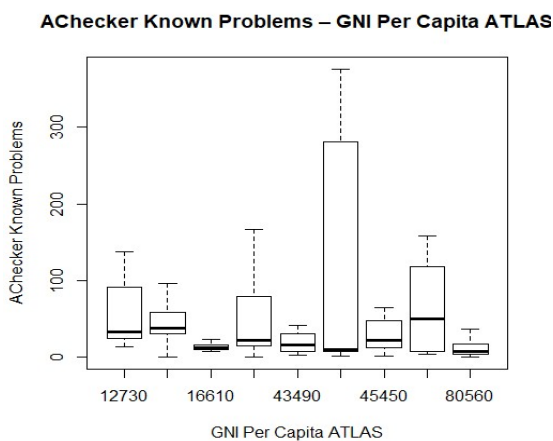


8. ábra: Az AChecker által ismert értékek box-plot diagramja a weboldalméret függvényében (nagy, közepes, kicsi)



9. ábra: Az AChecker ismert értékeinek diagramja a weblap méretének függvényében (Kbyte-ban)

A 10. ábra mutatja az AChecker által ismert, az egy főre jutó GNI függvényében ismertetett hibák számát. A korrelációs együttható becsült értéke szerint $-0,097$, tehát a függetlenség $0,169$ szignifikanciaszinten elfogadható.



10. ábra: Az AChecker által ismert problémák box-plot diagramja az egy főre jutó GNI függvényében

III. **TÉZISCSOPORT: Egyetemes tervezés az egészségügyi informatika területén:** Kutatást végeztem mind a multimédiás, mind VR játékok akadálymentes tervezésére. Ezekhez ajánlást, tervezési módszert és tesztelési módszert is javasoltam. Az előző téziscsoport ajánlásai alapján bebizonyítottam, hogy lehet akadálymentes weboldalt létrehozni.

III/1. **altézis:** Megalkottam a készségfejlesztő és rehabilitációs célú multimédiás és VR játékok a felhasználói igényeknek megfelelő személyre szabhatóságának tervezési követelményeit és tesztelési módszerét. [2], [15], [18-24], [39], [44-53]

Az elmúlt két évtizedbeli játékfejlesztéseknél és a GOET [128] projekt keretében lehetőségünk volt több multimédiás és VR játékot fejleszteni értelmileg akadályozott fiatalok önálló életvitelének segítésére. A játékok fejlesztéséhez először fel kellett mérni a felhasználói igényeket, mind pedagógia szempontból, mind a felhasználói felület tervezése szempontjából is. A többszörös tesztelések során alkottam meg tesztelési szempontrendszeremet. A GOET projektben pedagógiai teszteléseket nemcsak Magyarországon, hanem a partnerországokban (Anglia, Belgium, Litvánia) is elvégeztük. Az értelmileg akadályozott diákoknak 6 héten át hetente kétszer kellett minimum 20 percet játszaniuk a szoftverekkel. A használhatósági (usability) vizsgálathoz pedig humán kérdőívet készítettem, ami 40 kérdést tartalmazott. Ezt a speciális iskolák, oktatói, szülői csoportok és szakértők töltötték ki azon iskolákban, amelyekben a pedagógiai vizsgálatok is készültek. A GOET projektben [128] elért kutatási eredmények jól használhatóak voltak az ISG4Competence projektben [129] is.

2004-től kezdve fejlesztettünk több projekt keretében rehabilitációs szoftvereket stroke pácienseknek. Majd a StrokeBack [116] projekt keretében több VR és multimédia alapú játékot, motivációs és tanító animációt fejlesztettünk. Ezek létrehozásához nemcsak a terapeuták, hanem a páciensek speciális igényeit és képességeit is figyelembe kellett venni. A telemedicina rendszer számára készített rehabilitációs játékok fejlesztése alapján rájöttem, hogy a hagyományos szoftverfejlesztési modellek nem alkalmazhatók. Ezért új szoftverfejlesztési módszert hoztam létre a betegek és a terapeuták igényeit figyelembe véve, végül a következő követelményrendszert hoztam létre:

- **Funkcionális követelmények:**

- a pontozási rendszer ne legyen negatív, motiválja a páciens,
- oktató animációk mutassák be a gyakoroltatni kívánt mozgást minden egyes játék előtt,
- a gyakoroltatni kívánt feladatról és mozgásról a visszajelzés teljesen világos és egyértelmű legyen,
- a játékokban lehessen több téma közül választani,
- minden egyes játék után a témához tartozó motivációs animáció fusson,
- pályaszerkesztő segítségével lehessen személyre szabni a játékot.

- **Nem-funkcionális követelmények:**

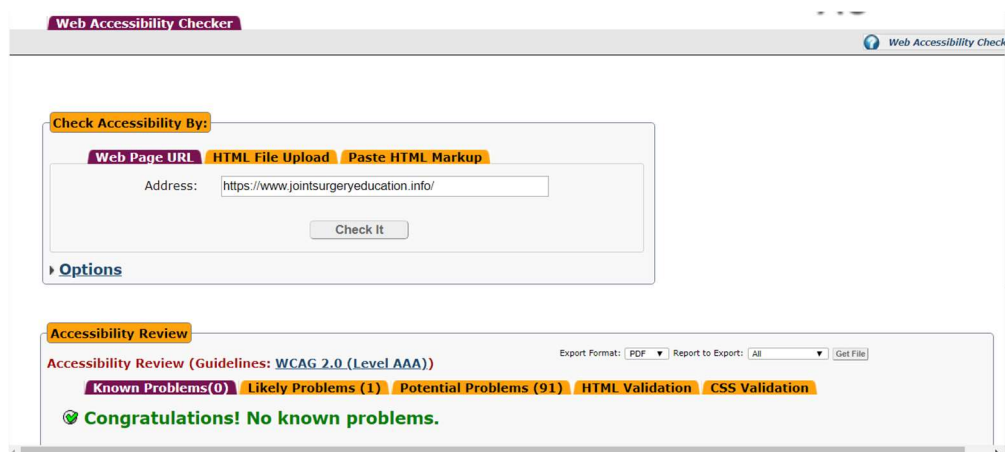
- minden játék egy keretrendszerben fusson, ami bővíthető legyen,
- a játékok struktúrájukban és stílusukban passzoljanak egymáshoz,
- a korábban megírt elemeket fel lehessen használni a keretrendszerben a redundancia elkerülésére.

III/2. **altézis:** Bebizonyítottam, hogy az akadálymentességi tervezési ajánlásaim alapján létrehozható egészséggel foglalkozó akadálymentes weboldal, továbbá az ilyen weblapok használata segíti az ápolói munkafolyamatot, a hatékonyságot és a páciensek oktatását. [29]

A webhelyeknek a betegek oktatására történő használata egyre gyakoribb. Bebizonyosodott, hogy a megfelelően végrehajtott és hatékony preoperatív páciens oktatási beavatkozás előnyei javítják a műtéten átesett betegek pszichológiai és fizikai jólétét. E kísérleti tanulmány célja az volt, hogy meghatározzuk egy weboldal használhatóságát, hasznosságát és megvalósíthatóságát, amelyet azért

hoztunk létre, hogy növeljük a betegek elkötelezettségét és javítsuk a preoperatív oktatás színvonalát a csípő- és térdprotézis műtét előkészítése során. Nyolcvan 40 és 65 év közötti beteg vett részt a felmérésben, ezek közül 52,5% volt nő, 71,25% -ot térdpótlás, 28,75% -ot csípőpótlás miatt operáltak. Negyven beteg véletlenszerűen került be a papír alapú oktatási csoportba, a többi 40 pedig a papír és a weboldal alapú oktatási csoportba. Mindegyik csoportból azonban csak 19 fő vett részt a kérdőíves vizsgálatban. A felmérésben szerepeltek a betegek ismeretére, az oktatási anyaggal kapcsolatos elégedettségére, hasznosságára és használhatóságára vonatkozó kérdések és azok kiértékelésének kvalitatív adatai, amelyeket a Perceived Health Website Usability Questionnaire online felmérés alapján lettek kiértékelve. A papír alapú felmérés tíz kérdést tartalmazott egy 7-pontos Likert skálán, míg a web-alapú felmérés tizennégy kérdést tartalmazott ugyanazon a 7 pontos Likert-skálán. Leíró statisztikákat és független minták t-próbáit használtuk a szokásos papíralapú oktatási és weboldal-oktatási csoportok összehasonlító elemzéséhez. Az eredmények kiszámításához a Microsoft Excel adatelemző eszközt alkalmaztuk. A szignifikancia szintet 0,05-re állítottuk a kiértékeléseknél. A vizsgálat eredménye nem mutatott statisztikailag szignifikáns különbséget mindkét csoportban a 0,05 szintnél. Az ápolószemélyzetre vonatkozó felmérés eredményei szerint a weboldal használata javította az ápolói munkafolyamatot, a hatékonyságot és a betegek oktatását.

A 11. ábra szemlélteti a vizsgálatban használt weboldal akadálymentességi tesztelését az AChecker [121] használatával.



11. ábra: Az AChecker automatizált teszt eszköz használatának képernyőképe

IV. Az eredmények alkalmazása

Kutatásomban arra törekedtem, hogy eddig megoldatlan vagy újonnan felmerülő problémákat, kérdéseket vizsgáljak és javaslatokat tegyek azok megoldására.

Programtervező matematikusként mindig érdekelt, hogy az általam készített szoftver vajon mennyire használható mások számára. Ebbe nemcsak a funkciókat értem, hanem a felhasználói interfész tervezését is. Közben Schanda János professzor úr irányításával sok mindent megtanultam a színekről és elkezdtek érdekelni a szintani kutatások. Arra is rájöttem, hogy a speciális felhasználói csoportoknak kezdetekben alig fejlesztettek számukra használható szoftvereket, így érdeklődésem kibővült az akadálymentes tervezés területével.

Tudományos hozzájárulásaim elsősorban a következőkben felsorolásra kerülő nemzetközi, az Európai Unió által finanszírozott projekteket érintették, melyek mindegyikének hazai projektvezetője voltam.

A "Colour Research for European Advanced Technology Employment" CREATE (MSCF-CT-2006-045963) projekt [130] elsősorban a jövő szakembereinek, kutatóinak a színtan területén történő képzését, továbbképzését szolgálta mind az alapképzés, mind a PhD képzés területén. Ebben a projektben többször tartottam a félévente Európa különböző országaiban megrendezésre kerülő képzéseken előadásokat. A projekt zárása után számos szakkönyv született, melyet Európa különböző egyetemein használnak a színtan oktatásában. Hozzájárulásom konkrétan az I/1., I/2. és a II/1. tézisekben részletesen ismertettem, kutatási eredményeim lényeges szerepet kaptak azon könyvekben, melyekbe a könyvek szerkesztői meghívtak. [56-59]

A "Design for All for eInclusion" DfA@eInclusion 033838 projektben [131] több munkacsoportban is aktívan dolgoztam. A II/1. tézisben és a II/2. tézis első kutatásában részletesen megtalálhatóak azok a tudományos eredmények, melyek itt hasznosultak, elsősorban a „Standardisation” és a „Technological Development” munkacsomagokban. Ennek a projektnek nemcsak a hazai témavezetője voltam, hanem a 23 ország részvételével megvalósuló nemzetközi projekt utolsó évében a koordinátora is. Ezen erőfeszítés eredményeként született meg az általam szerkesztett könyv is „Principles and Practice in Europe for e-Accessibility” címmel disszeminációs tevékenységként. [70]

A DfA projekttel párhuzamosan hazai témavezetőként dolgoztam a web_access "Joint Programme on Accessible Web Design" (133818-LLP-1-2007-1-AT-ERASMUS-ECDEM) projektben [132]. A projekt keretén belül 5 nyugat-európai egyetemmel közösen kidolgoztunk egy 120 kredites Blended-learning képzést az akadálymentes webtervezés és segítő technológiai oktatás elősegítésére. Ebben a projektben is felhasználásra kerültek a II/2. tézisem első kutatásában részletesen leírt eredmények. A nemzetközi projekt zárása után a Pannon Egyetem számára kidolgoztam a 60 kredites „Akadálymentes webtervező” és az ugyancsak 60 kredites „Segítő technológiai” szakmérnök szakokat, melyeket sikeresen akkreditáltak.

Nem lehet kellőképpen hangsúlyozni, mennyire fontos, hogy az eredmények jelentős része folyamatosan hasznosult és hasznosul a gyakorlatban. A kutatásaim eredményeként számos, az egyetemi hallgatói kutatócsoportommal közös fejlesztésünk is készült (GOET, StrokeBack, ISG4Competence projektek) [128], [116], [129], ezeket a projektek keretében résztvevő partnereink használják hazánkon kívül Európa 9 országában. Mindezen fejlesztések a disszertációban részletesen ismertetett III/1. tézisen alapultak.

Ugyancsak a III/1.tézis alapján született publikációk eredményeképpen hívtak meg a LUDI - TD COST Action TD1309 – „Play for Children with Disabilities” nemzetközi konzorciumba [133]. A tavaly zárult nemzetközi projektben Management Committee tag is voltam. A projekt során közvetlenül hasznosultak az I/1. az I/2. és a III/1. tézisbeli eredményeim. Ezen nemzetközi projekttemet az akkori PhD hallgatómmal közösen írt „Play for children with disabilities: some reflections on the results on the users’ needs and on the role of technologies” című könyvfejezettel zártam. [67]

A III/2 tézis pedig még jobban alátámasztja a II/1. és II/2. tézisben elért kutatási eredményeimet. A III/2. tézisbeli állítást egy baltimori (USA) kórház egészségügyi személyzete és páciensei által kitöltött kérdőív statisztikai elemzése is igazolja. [29]

A jelen disszertáció benyújtásának idején induló nemzetközi projektben is nemcsak hazai projektvezető, hanem Management Committee tag vagyok: (COST CA19104) „Advancing Social inclusion through Technology and Empowerment”. [134] Ezen tématerület is jelentős átfedésben van mind a színtan, mind az akadálymentes tervezésbeli kutatásaimmal.

Mind a színtervezés, mind az akadálymentes tervezés területén olyan új eredményeket értem el, amikre számos hivatkozást kaptam. A tézisek jól használhatók akadálymentes multimédiás és VR játékok tervezéséhez és teszteléséhez, valamint akadálymentes honlapok készítéséhez és usability teszteléséhez.

A kutatásaim jól használhatók az oktatásban is. Az eredményeimet tekintve számos alkalommal voltam meghívott előadó nemzetközi konferenciákon. Különösen fontos, hogy kutatásaimat nemzetközileg elismerik, ezért is rendezhettem meg az Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE) [135] konferenciát 2015-ben Magyarországon, és jelenleg is számtalan felkérést kapok nemzetközi pályázatok és folyóirat cikkek bírálatára.

V Egyetemi oktatói és publikációs munkák

Az elsősorban a Pannon Egyetemhez kötődő kutatói és oktatói tevékenységem mellett meghívott előadó voltam a Pázmány Péter Katolikus Egyetem (PPKE) Információs Technológiai és Bionikai Karán, ahol a „Felhasználói interfészek tervezése” tantárgyban tartottam órákat szakmérnök képzésen. Rendszeres meghívott előadója vagyok a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és az Óbudai Egyetem rehabilitációs mérnök szakképzésében.

Habilitációs pályázatomat a Pannon Egyetemen védtem meg 2017-ben.

Oktatói tevékenységem alatt 3 Ph.D., 111 M.Sc., 93 B.Sc., 53 TDK dolgozat és 14 Innovációs verseny pályamunka témavezetője voltam. Egyetemi és doktori hallgatóim számos díjat nyertek.

1998-tól 10 éven át titkára voltam Magyar Tudományos Akadémia Veszprémi Területi Bizottságának Alkalmazott Fény- és Színtani Munkabizottságának, valamint rendszeres előadója voltam a bizottság által szervezett workshopoknak, konferenciáknak.

2009-ben megalapítottam a Neumann János Számítógéptudományi Társaság (NJSZT) „Human-Computer Interaction & Design for All” Szakosztályát, melynek elnöke voltam 10 évig, majd átadtam az elnökséget végzett doktorandusz hallgatónak, azóta a szakosztály alelnöke vagyok. Szakmai tanácsadója vagyok az NJSZT „Multimédia az Oktatásban” Szakosztálynak. Valamint aktív tagja vagyok az NJSZT „Orvos-biológiai” Szakosztályának. Mindhárom szakosztály által megrendezett konferenciáknak évenkénti rendszeres előadója vagyok. Publikációim szorosan kapcsolódnak a bemutatott téziseimhez.

VI Köszönetnyilvánítás

Különösen hálával tartozom †Liszi János professzor úrnak, aki az első doktorim témavezetője volt. Köszönöm †Dr. Vass József volt tanszékvezőmnek, aki megbízott azzal, hogy multimédiával foglalkozzam. Végtelen hála illeti †Schanda János professzor urat, akitől a szintani kutatásokhoz szükséges ismereteket tanulhattam és akinek a laboratóriumában dolgozhattam majdnem két évtizedig. Hálás vagyok azért a kutatói szabadságért, amit számomra biztosított.

Köszönöm munkatársaim, kollégáim támogatását, különösen Dr. Mihálykóné Dr. Orbán Éva statisztikai számításokban adott szakmai tanácsait.

Köszönet illeti a témavezetett B.Sc., M.Sc. hallgatóimat szorgalmas munkájukért és köszönöm a szakdolgozatuk, diplomamunkájuk keretében készített szoftvereket. Külön köszönöm a Ph.D. hallgatóim munkáját.

Nagy hálával tartozom a magyarországi speciális iskolák gyógypedagógusainak és a rehabilitációs intézetek szakembereinek hasznos tanácsaikért. Nagyon sokat tanultam tőlük. Minderre a tudásra a mai napig támaszkodhatom egy-egy újabb szoftver tervezésekor.

Hálás vagyok a különböző kutatási feladatokat támogató Európai Unió projektek keretében megismert kutatóknak, oktatóknak. Ezúton is köszönöm Pier Luigi Emiliani emeritus professzornak, az Institute of

Applied Physics “Nello Carrara” (IFAC) volt igazgatójának, hogy életem első FP6-os projektjébe meghívott a publikációim alapján. Köszönöm az utóbbi évek közös orvosinformatikai kutatásait Dr. Kelemen Árpádnak a University of Maryland egyetem professzorának.

A disszertációban bemutatott munkát a Pannon Egyetemen túl nemcsak a 4. fejezetben részletezett különböző projektek támogatták, hanem az akadálymentességi kutatáshoz különösen hozzájárult a King Salman Center for Disability Research [136] által adományozott “King Salman Award for Disability Research” díj. Ezenkívül köszönöm az Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe nemzetközi szervezet által adományozott “AAATE-Diamond-Award” díjat, mely erkölcsi támogatást biztosított.

Végtelenül hálás vagyok az egész családomnak, férjemnek, gyerekeimnek és családjaiknak, hogy türelmesek voltak és minden lehetséges módon támogattak.

„Úgy érezzük, hogy amit teszünk, csak csepp a tengerben.
Anélkül a csepp nélkül azonban sekélyebb volna a tenger.”
Teréz Anya

VII Irodalomjegyzék

VII.i A szerző válogatott folyóirat publikációi

- [1] **Sik Lányi, C.**, Kosztyán, Zs., Kráncz, B., Schanda, J., Navvab, M. Using multimedia interactive e-teaching in color science. *LEUKOS The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America*. **4**(1): 71-82. (2007) ISSN1550-2724, (IF=0.250)
- [2] **Sik Lányi, C.**, Bacsa, E., Mátrai, R., Kosztyán, Zs. Developing interactive multimedia rehabilitation software for treating patients with aphasia. *International Journal on Disability and Human Development*, Special issue on disability, virtual reality and associated technologies. **4**(3):225-229. (2005) ISSN 1565-012X
- [3] Mátrai, R., Kosztyán, Zs. T., **Sik Lányi, C.** Navigation methods of special needs users in multimedia systems, *Computers in Human Behavior*. **24**(4):1418-1433. (2008) (IF=0.808)
- [4] **Sik-Lányi, C.**, Orbán-Mihálykó, É. Accessibility Testing of European Health-Related Websites. *Arabian Journal for Science and Engineering (Arab J Sci Eng)*, 2019, **44**(11):9171-9190 <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04017-z> (IF=1.711)
- [5] Szalmás, A., Bodrogi, P., **Sik Lányi, C.** Characterizing luminous efficiency functions for a simulated mesopic night driving task based on reaction time, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2006. **26**: 281-287. ISSN 0275-5408, (IF=1.483)
- [6] **Sik Lányi, C.**, Schanda, J. Analysing the Colours of the Virtual Reality Museum’s Picture, *Acta Polytechnica Hungarica*, 2011, **8**(5):137-150, ISSN: 1785-8860, (IF: 0.385), <http://www.uni-obuda.hu/journal/Issue31.htm>
- [7] Szucs, V., **Sik-Lányi, C.** Color Rendering of Images in the Internet and Print Reproductions of the Sistine Chapel’s Frescos, *LEUKOS*, 2016, **12**(1-2) SI:101-110 online 00: 1-10, 2016, ISSN: 1550-2724 print / 1550-2716 online (IF=0.958)

- [8] **Sik-Lanyi, C.**, Szucs, V., Hirschler, R. Coloured shadows—Why they can be photographed, *Color Res Appl.* 2019; **44**(6): 859-874, published online: 9 August 2019
<https://doi.org/10.1002/col.22420> (IF=1.027)
- [9] **Sik Lanyi, C.** Styles or Cultural Background does Influence the Colors of Virtual Reality Games? *Acta Polytechnica Hungarica.* **11**(1): 97-119. (2014) ISSN: 1785-8860, (IF=0.471)
- [10] **Sik Lányi C.**, Lányi, Zs. Multimedia Program for Training of Vision of Children with Visual Impairment and Amblyopia. *Journal of Information Technology Education.* **2**:279-290. ISSN: 1539-3585 (2003) <http://www.jite.org/documents/Vol2/v2p279-290-28.pdf>
- [11] **Sik Lányi, C.**, Lányi, Zs., Tilinger, Á., Using Virtual Reality to Improve Space and Depth Perception. *Journal of Information Technology Education.* **2**:291-304. (2003) ISSN: 1539-3585 <http://www.jite.org/documents/Vol2/v2p291-303-27.pdf>
- [12] **Sik Lányi, C.**, Tilinger, Á. Developing virtual environments for rehabilitation of autistic children. *International Journal of Rehabilitation Research.* **27**(1):123. (2004) ISSN 0342-5282 (IF=0.358)
- [13] **Sik Lányi, C.**, Mátrai, R., Molnár, G., Lányi, Zs. User Interface Design Question of Developing Multimedia Games and Education Programs for Visual Impairment Children. *Special Issue of Elektrotechnik & Informationstechnik (e&i)* by Springer Wien/New York, "Technology Enhanced Learning (TEL)", (12):488-494. (2005) ISSN 0932-383X
- [14] **Sik Lányi, C.**, Mátrai, R., Tarjányi, I. Analysing the navigation of mentally impaired children in virtual environments. *International Journal on Disability and Human Development, Special issue on disability, virtual reality and associated technologies.* **5**(3): 217-221. (2006) ISSN 1565-012X
- [15] Szücs, V., **Sik Lanyi, C.**, Szabo, F., Csuti, P. Colour-check in stroke-rehabilitation games, *J Altern Med Res* 2017;**9**(2):7 pages. ISSN: 1939-5868, Nova Science Publishers, Inc.:
https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=61590
- [16] **Sik-Lanyi, C.**, Szucs, V. Are the WEB-pages of the Hungarian Universities Accessible for Students with Color Deficiency? *Óbuda University e-Bulletin*, 2018, **8**(2):53-58. http://uni-obuda.hu/e-bulletin/Sik-Lanyi_Szucs_13.pdf
- [17] Czank, N., Sik, A., **Sik Lányi, C.** Testing the Accessibility of WEB Sites. *International Journal of Knowledge and Web Intelligence (IJKWI).* **2**(1): 87-98. (2011)
- [18] Pataky, I., **Sik Lányi, C.**, Szabó, J., Páll, A. Development of a computer controlled cognitive diagnostics and rehabilitation method. *Clinical Neuroscience/Ideggyógyászati Szemle.* **56**(7-8) (2003)
- [19] **Sik Lányi, C.**, Geiszt, Z., Károlyi, P., Tilinger, Á., Magyar, V. Virtual Reality in special needs early education. *The International Journal of Virtual Reality.* **5**(4):55-68. (2006) ISSN1081-1451
- [20] **Sik Lányi, C.**, Geiszt, Z., Magyar, V. Using IT to Inform and Rehabilitate Aphasic Patients. *Informing Science Journal.* **9**:163-179 (2006) ISSN: 1521-4672 <http://inform.nu> or directly at <http://inform.nu/Articles/Vol9/v9163-179SikLanyi67.pdf>
- [21] **Sik Lányi, C.**, Stark, J.A., Kamson, M.E., Geiszt, Z. Do we need high-scale flexibility in virtual therapies? *International Journal on Disability and Human Development, Special issue on disability, virtual reality and associated technologies.* **5**(3): 251-256. (2006) ISSN 1565-012X
- [22] **Sik Lanyi, C.**, Brown, D., Standen, P., Lewis, J., Butkute, V. Results of user interface evaluation of serious games for students with intellectual disability. *Acta Polytechnica Hungarica.* **9**(1):225-245. (2012), (IF=1.286)

- [23] Ortmann, S., Langendörfer, P., **Sik Lányi, C.** Telemedical assistance for ambulant rehabilitation of stroke patients. 9th World Congress on Brain Injury, Edinburgh, Scotland, March 21-25, 2012, *BRAIN INJURY* **26**(4-5):644-645. (2012) (IF=1.513)
- [24] **Sik Lányi, C.**, Szucs, V. Games applied for therapy in stroke tele-rehabilitation. *International Journal of Stroke*. **9**(Suppl. S3):300, October 2014 (WSC-1477) (IF=4,029)
- [25] **Sik Lányi, C.**, Szucs, V., Stark, J. Virtual reality environments development for aphasic clients. *International Journal of Stroke*. **9**(Suppl. S3) pp:241, October 2014 (WSC-1510) (IF=4,029)
- [26] Yates, M., Kelemen, A., **Sik Lányi, C.** Virtual reality gaming in the rehabilitation of the upper extremities post-stroke. *Brain Injury*. **30**(7):855-863, DOI: 10.3109/02699052.2016.1144146, published on: 30 March 2016. (IF=1.665)
- [27] **Cecilia, Sik-Lányi**, Szucs, V., Shirmohammadi, S., Grudeva, P., Abersek, B., Guzsvinecz, T., Van Isacker, K. How to Develop Serious Games for Social and Cognitive Competence of Children with Learning Difficulties, *Acta Polytechnica Hungarica*, 2019, **16**(6):149-169. http://www.uni-obuda.hu/journal/SikLanyi_Szucs_Shirmohammadi_Grudeva_Abersek_Guzsvinecz_VanIsacker_93.pdf (IF=1.286)
- [28] Flogie, A., Abersek, B., Kordigel Abersek, M., **Sik-Lányi, C.** Intelligent Serious Games for Children with Learning Difficulties, *JMIR Serious Games*, (IF=3.351) JMIR Serious Games 2020 | vol. 8 | iss. 1 | e13190
- [29] Dayucos, A., French, L.A., Kelemen, A., Liang, Y., **Sik Lányi, C.** Creation and Evaluation of a Preoperative Education Website for Hip and Knee Replacement Patients—A Pilot Study, *Medicina*, 2019, **55**(2), 32. <https://doi.org/10.3390/medicina55020032> (IF= 1.467)

VII.ii A szerző válogatott nemzetközi konferencia publikációi

- [30] **Sik Lányi, C.**, Váry, Á., Sik, A., Nemetz, A., Geiszt, Z. Multimedia Programs for Children with Hearing Difficulties, *Lecture Notes in Computer Science*. LNCS 3118, ICCHP 2004, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 14-21. ISSN 0302-9743, (IF=0.513)
- [31] **Sik, Lányi C.**, Tilinger, Á. Multimedia and Virtual Reality in the Rehabilitation of Autistic Children, *Lecture Notes in Computer Science*. LNCS 3118, ICCHP 2004, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 22-28. ISSN 0302-9743, (IF=0.513)
- [32] **Sik Lányi, C.**, Magyar V. Wireless communicator for patients in intensive care, *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 4061, ICCHP 2006, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 508-515. ISSN 0302-9743 (IF=0.513)
- [33] Geiszt, Z., **Sik Lányi, C.** A Fully Adjustable Virtual Classroom, *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 4061, ICCHP 2006, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 823-830. ISSN 0302-9743 (IF=0.513)
- [34] **Sik Lányi, C.**, Sik, A., Sik, G., Schanda J. Colour Fidelity in Reproductions and Popular Images, *AIC 2008 Colour – Effects & Affects, Colour and education: Ideas, inspiration, examples*. 15-18 June 2008 in Stockholm, Sweden pp. 211-212.
- [35] **Sik Lányi, C.** Investigating of Memory – Colors of Intellectually Disabled Children and Virtual Game Addict Students. *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 5889, USAB 2009, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp. 463-475. ISSN 0302-9743. DOI: 10.1007/978-3-642-10308-7
- [36] **Sik Lányi, C.**, Galyas, L. Developing Multimedia-Game Software to Improve Space and Depth Perception. *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 5105, ICCHP 2008, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp. 827-834. ISSN 0302-9743

- [37] **Sik Lanyi, C.**, Forrai, S., Czank, N., Hajgató, A. On Developing Validator Software XValid for Testing Home Pages of Universal Design. *Universal Access in HCI, PART I, HCII 2007, Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 4554, pp. 284-293.
- [38] **Sik Lányi, C.**, Nagy, E., Sik, G. Accessibility Testing of a Healthy Lifestyles Social Network. *Lecture Notes in Computer Science*, K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2012, Part I LNCS 7382, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 409-416, 2012.
- [39] **Sik Lányi, C.**, Bacsa, E., Mátrai, R., Kosztján, Zs., Pataky, I. The Design Question of Development of Multimedia Educational Software for Aphasia Patients. *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3118, ICCHP 2004, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 6-13. ISSN 0302-9743, (IF=0.513)
- [40] **Sik Lányi, C.**, Szűcs, V., Dömők, T., László, E. Developing serious game for victims of stroke, *Proc. 9th Intl Conf. on Disability, Virtual Reality and Assoc. Technologies*, ICDVRAT 2002, (P.M. Sharkey, E. Klinger Eds), Laval, pp. 503-506.
- [41] **Sik-Lanyi, C.** Colour-check on websites of the Hungarian universities, *6th Colour Specialist International Conference in Hungary, Interenational Interdisciplinary Conference on Colur and Pattern Harmony*, pp. 35, Pápa, Hungary, 21-23 May, 2017.
- [42] **Sik Lányi, C.**, Brown, D.J. Design of serious games for students with intellectual disability, *bcs Electronic Workshop in Computing (eWiC), India HCI 2010*, Bombay, India, March 20-24, 2010, pp. 151-160. <http://www.bcs.org/server.php?show=conWebDoc.35773>
- [43] **Sik Lányi, C.**, Brown, D.J., Standen, P., Lewis, J., Butkute, V. User interface evaluation of serious games for students with intellectual disability. *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 6179, ICCHP 2010, Part 1, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 227-334, DOI: 10.1007/978-3-642-14097-6
- [44] Dömők, T., Szűcs V., László E., **Sik Lányi C.** "Break the Bricks" Serious Game for Stroke Patients. *Lecture Notes in Computer Science*, K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2012, Part I LNCS 7382, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 673-680, 2012
- [45] Guzsvinecz, T., Szűcs, V., Paxian S., **Sik Lanyi, C.** Android games for developing fine coordination of movement skills, K. Miesenberger et al. (Eds.): *ICCHP 2016*, Part II, LNCS 9759, pp: 549-552, Springer International Publishing Switzerland, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-41267-7_77
- [46] Paxian, S., Szűcs, V., **Sik-Lanyi, C.**, Shirmohhamadi, S., Abersek, B., Lazarov, A., van Isacker, K. Target group questionnaire in the "ISG for Competence" project, K. Miesenberger et al. (Eds.): *ICCHP 2016*, Part II, LNCS 9759, pp: 317-320, Springer International Publishing Switzerland, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-41267-2_44
- [47] Godár, M., Szűcs, V., **Sik-Lanyi, C.** Memory Game and special HCI device in stroke therapy, K. Miesenberger et al. (Eds.): *ICCHP 2016*, Part I, LNCS 9758, pp: 545-548, Springer International Publishing Switzerland, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-41264-1_74
- [48] Kordigel Aberšek, M., Aberšek, B., Dolenc, K., **Sik-Lanyi, C.**, Shirmohammadi, S., Van Isacker, K., Grudeva, P., Szucs, V., Guzsvinecz, T. Intelligent Serious Games for Learning in Informal Learning Environment, *2nd International Scientific Conference on Philosophy of Mind and Cognitive Modelling in Education*, Maribor, Slovenia May 7-8, 2018.
- [49] Cerbas, S., Kelemen, A, Liang, Y., Czank,A., **Sik-Lanyi, C.**, Scala,E., Van De Castle, B. Development and Usability Testing of a Physical Activity Mobile App for Hematopoietic Stem Cell Transplant Patients, *28th Summer Institute in Nursing Informatics Conference (SINI2018)*, poster, July 18-20, 2018, Baltimore, USA (This poster has got People's Choice Award)
- [50] Prosenyak, G.L., Arvai, A., **Sik-Lanyi, C.**, Czank, A., Kelemen, A., Cerbas, E., van De Castle B., Lian, Y., Simon, Cs., Revesz, F. Walking Warrior. In: Vassanyi I. (Ed.) *Proceedings of the Pannonian*

Conference on Advances in Information Technology (PCIT'2019) pp. 113-118. Veszprem, Hungary, University of Pannonia, May 31 – June 1, 2019. ISBN 978-963-396-127-8

- [51] Bodor, B., Szabó, P., **Sik-Lányi, C.** Re-Creation, and android game. In: Vassanyi I. (Ed.) *Proceedings of the Pannonian Conference on Advances in Information Technology (PCIT'2019)* pp. 119-125. Veszprem, Hungary, University of Pannonia, May 31 – June 1, 2019. ISBN 978-963-396-127-8
- [52] **Sik-Lányi, C.**, Szabo, P., Bodor, B. Developing an Android Game for Restoring the Motor Functions of Fingers, *15th AAATE Conference: Global Challenges in Assistive Technology*, Bologna (IT), 27-30 August 2019
- [53] **Sik-Lányi, C.**, Kelemen, A., Revesz, F., Simon, Cs., Cerbas, S., van De Castle, B., Proszenyak, G., Arvai, A., Liang, Y. Mobile Health Game Development to Motivate Walking for Hematopoietic Stem Cell Transplant Patients, *15th AAATE Conference: Global Challenges in Assistive Technology*, Bologna (IT), 27-30 August 2019
- [54] **Sik-Lányi, C.** Accessibility testing of local government websites in Hungary, *XXXII. Neumann Kollokvium*, pp. 52-57. Veszprém, Hungary, 25-26 October 2019. ISBN: 978-615-5036-16-3

VII.iii A szerző egyéb válogatott publikációi

- [55] **Sik Lányi, C.** Multimedia Software Interface Design for Special Needs Users. *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 2nd Edition, IGI Global, 2008, DOI: 10.4018/978-1-60566-026-4.ch440, ISBN13: 9781605660264, ISBN10: 1605660264, EISBN13: 9781605660271, pp. 2761-2766.
- [56] **Sik Lányi, C.** Lights and colours in virtual reality. *Colour Coded* by Parraman C. (Eds.) Published by The Society of Dyers and Colourists, Brabdford, 2010, ISBN 978-0-901956-86-6, pp. 152-163.
- [57] **Sik Lányi, C.** Choosing effective colours for websites. *Colour design Theories and application* by Best J. (Ed) Published by Woodhead Publishing Limited, 2012, ISBN 978-1-84569-972-7, pp.600-621.
- [58] **Sik Lányi, C.** Choosing effective colours for websites, *Colour design, Theories and application*, by Best J. (Ed) 2nd. Edition, Published by Elsevier, Woodhead Publishing, 2017, ISBN 978-0-08-101270-3 (in print), ISBN 978-0-08-101889-7 (in print), pp.619-640.
- [59] **Sik Lányi, C.** Cultural background influence on colours of virtual reality games and apps, *Colour design, Theories and application*, by Best J. (Ed) 2nd. Edition, Published by Elsevier, Woodhead Publishing, 2017, ISBN 978-0-08-101270-3 (in print), ISBN 978-0-08-101889-7 (in print), pp.529-555.
- [60] **Sik Lányi, C.** Accessibility Testing of Social Websites. *Handbook of Social Network Technologies and Applications* by Furth B. (Ed) Springer Science + Business Media, LLC 2010, ISBN: 978-1-4419-7141-8, pp. 409-426.
- [61] **Sik Lányi, C.**, Szucs, V. Motivating Rehabilitation Through Competitive Gaming. *Modern Stroke Rehabilitation through e-Health-based Entertainment* by E. Vogiatzaki, A. Krukowski (Eds.). Springer-Verlag, 2016, pp. 137-167, ISBN 978-3-319-21292-0 (printed), ISBN 978-3-319-21293-7 (eBook), DOI: 10.1007/978-3-319-21293-7
- [62] **Sik Lányi, C.**, Laky, V., Tilinger, Á., Pataky, I., Simon, L., Kiss, B., Simon, V., Szabó, J., Páll, A. Developing Multimedia Software and Virtual Reality Worlds and their Use in Rehabilitation and Psychology. *Transformation of Healthcare with Information Technologies*. IOS Press, 2004, pp. 273-284. ISBN 1-58603-438-3, ISSN 0926-9630

- [63] **Sik Lányi, C.**, Simon, V., Pataky, I., Kosztyán Zs. T, Mátrai, R. Medical Applications of Virtual Reality Worlds and Multimedia. *Overcoming the barriers to e-health growth in Enlarged Europe*, Health and Management Press, Krakow, 2004, pp. 189-204. ISBN 83-916649-4-5
- [64] **Sik Lányi, C.** Multimedia Medical Informatics System in Healthcare. *Intelligent Paradigms for Assistive and Preventive Healthcare*, Ichalkaranje, A., et al. (Eds.), Springer-Verlag, 2006, pp. 39-91. ISBN 3-540-31762-7
- [65] **Sik Lányi, C.** Virtual Reality in Healthcare. *Intelligent Paradigms for Assistive and Preventive Healthcare*, Ichalkaranje, A., et al. (Eds.), Springer-Verlag, 2006, pp. 92-121. ISBN 3-540-31762-7
- [66] **Sik Lányi, C.** Multimedia Software Interface Design for Special Needs Users, *Encyclopedia of Information Science and Technology*. 2nd Edition, IGI Global, 2008, DOI: 10.4018/978-1-60566-026-4.ch440, ISBN13: 9781605660264, ISBN10: 1605660264, EISBN13: 9781605660271, pp. 2761-2766
- [67] **Sik-Lányi, C.**, Szucs, V. Play for children with disabilities: some reflections on the results on the users' needs and on the role of technologies, *Users' Needs Report on Play for Children with Disabilities - Parents' and children's views*, by M. Allodi Westling, T. Zappaterra (Eds.) De Gruyter Poland Ltd, Warsaw/Berlin, 2017, ISBN: 978-3-11-053745-1, e-ISBN: 978-3-11-053748-2, Chapter 10, pp. 117-123.
- [68] *The Thousand Faces of Virtual Reality*, Edited by **Cecilia Sik Lányi**, ISBN 978-953-51-1733-9, Hard cover, 170 pages, Publisher: InTech, Published: 26 November, 2014 under CC BY 3.0 license, in subject Human-Computer Interaction DOI: 10.5772/58637
<http://www.intechopen.com/books/the-thousand-faces-of-virtual-reality>
- [69] **Sikné Lányi, Cecília**, Mógánné Tölgyesy, Szilvia, Szücs, Veronika Virtuális valóság alapú játék fejlesztése az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet ergoterápis részlege páciensei rehabilitációjának elősegítésére, *Rehabilitáció*, 2019, 29(1):3-10.
- [70] *EDeAN Publication 2009 – Principles and Practice in Europe for e-Accessibility*, 2009, **C. Sik Lányi** (ed.), Pannonian University Press, ISBN 978 963 9696 76 1

VII.iv A téziszűzetben idézett külső hivatkozások

- [71] Disability Statistics: <http://www.disabled-world.com/disability/statistics/>
- [72] Bowman, D.A., Kruijff, E., Laviola Jr., J.J., Poupyrev, I. *3D User Interfaces*. Addison-Wesley, 2004.
- [73] Stahre, B. How to Convert Reality into Virtual Reality: Exploring Colour Appearance in Digital Models. *Thesis for degree of licentiate of engineering*, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. (2006)
- [74] Stahre, B. Defining Reality in Virtual Reality: Exploring Visual Appearance and Saptial Experience Focusing on Color. *Thesis for the degree of Doctor of Philosophy*, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. (2006)
- [75] Steinkuehler, C. Massively Multiplayer Online Games – Based Learning, M3 – *Interdisciplinary Aspects on Digital Media & Education*, Workshop, Wien, Austria, Nov. 23, 2006, pp. 15-16.
- [76] Bodrogi, P., Tarczali, T. Colour memory for various sky, skin and plant colours: effect of the image context, *Color Res. Appl.* 26, 278-289. (2001)
- [77] Tarczali, T., Park, D.S., Bodrogi, P., Kim C.Y. Long-term memory colours of Korean and Hungarian observers. *Color Res. Appl.* 31:176-183. (2006)

- [78] Komlodi, A., Hercegi, K. Exploring Cultural Differences in Information Behavior Applying Psychophysiological Methods. *CHI2010 (ACM Conference on Human Factors in Computing Systems)*, April 10-15, 2010, Atlanta, GA, USA, Proceedings pp. 4153-4158, ACM Press, ISBN:978-1-60558-930-5: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1753846.1754118>
- [79] Clemmensen, T., Hertzum, M., Hornbaek, K., Qingxin, S., Yammiyavar, P. Cultural cognition in usability evaluation. *Interacting with Computers*. 21: 212-220. (2009)
- [80] Hall, E.T. *The Hidden Dimension*. Doubleday, New York, NY, USA. (1990)
- [81] Gao, X.P., Xin, J.H., Sato, T., Hansuebsai, A., Scalzo, M., Kaiwara, K., Guan, S.S., Valldeperas, J., Lis, M.J., Billger, M. Analysis of Cross-Cultural Color Emotion. *Color Research & Application*. **32**(3):223-229. (2007)
- [82] Hupka, R.B., Zaleski, Z., Otto, J., Reidl, L. Tarabrina, N.V. BThe colors of anger, envy, fear, and jealousy: A crosscultural study, *J. Cross Cult. Psychol.*, **28**(2):156–171, Mar. 1997.
- [83] Ou, L.C., Luo, M.R., Sun, P.L., Hu, N.C., Chen, H.S., Guan, .S., Woodcock, A., Caivano, J.L., Huertas, R., Tremeau, A., Billger, M., Izadan, H., Richter, K., BA cross-cultural comparison of colour emotion for two-colour combinations, *Color Res. Appl.*, vol. **37**(1), pp. 23–43, Feb. 2012.
- [84] Sato, T., Kajiwara, K., Hoshino, H., Nakamura, T. Quantitive evaluation and categorization of human emotion induced by colour. *Adv. Colour Sci Technol*. **3**:53-59. (2000)
- [85] Smet, K.A.G., Lin, Y., Nagy, B.V., Németh, Z., Duque-Chica, G.L., Quintero, J.M., Chen, H.S., Luo, R.M., Safi, M., Hanselaer, P. Cross-cultural variation of memory colors of familiar objects. *OPTICS EXPRESS* (ISSN: 1094-4087) **22**:(26):32308-32328. (2014)
- [86] Westland, S., Laycock, K., Cheung, V., Henry, P., Mahyar, F. Colour harmony. *Colour: Desing & Creativity*. **1**(1):1–15. (2007) <http://www.colour-journal.org/2007/1/1/07101article.htm#refs>
- [87] Statistics and How many people are Color blind: <https://iristech.co/statistics/>
- [88] Colour Blind Awareness: <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/>
- [89] Universal Design <http://www.universaldesign.com/>
- [90] Accessibility for the Disabled, A Design Manual for a Barrier Free Environment: <http://www.un.org/esa/socdev/enable/designm/>
- [91] European Commission, 2014: Priority, Digital Single Market, Bringing down barriers to unlock online opportunities, http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market_en
- [92] European Commision, Press release, 2015: *Commission proposes modern digital contract rules to simplify and promote access to digital content and online sales across the EU*, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6264_en.htm
- [93] European Commision, Press release, 2016: Commission proposes new e-commerce rules to help consumers and companies reap full benefit of Single Market http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1887_en.htm
- [94] Online Kiskereskedelmi Index-1: <http://www.gkidigital.hu/2016/05/26/22-millioszor-vasaroltunk-tavaly-az-interneten/>
- [95] Online Kiskereskedelmi Index-2: <http://www.gkidigital.hu/oki/>
- [96] GKI Digital: <https://gkidigital.hu/2019/03/12/425-milliard-forint-forgalom-2018/>
- [97] E-kereskedelem statisztikák: <https://minner.hu/e-kereskedelem-statisztikak-2019/>
- [98] Foreign online shopping habits: <https://gkidigital.hu/2019/11/21/kulfoldi-online-vasarlas/>

- [99] Világgazdság: <https://www.vg.hu/vallalatok/kereskedelem/16-szazalekkal-nott-a-hazai-online-kiskereskedelmi-forgalom-2102907/>
- [100] The winner of the coronavirus ?! - e-commerce is gaining momentum: <https://gkidigital.hu/2020/03/11/brutto-625-milliard-forintert-vasaroltunk-tavaly-a-hazai-webaruhazakbol/>
- [101] WHO news room: <https://www.who.int/news-room/detail/27-04-2020-who-timeline---covid-19>
- [102] EC.EUROPA.EC-news: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/coronavirus-pandemic-reveals-large-differences-prevalence-telework-across-eu>
- [103] EC.EUROPA.EC-policy brief: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc120945_policy_brief_-_covid_and_telework_final.pdf
- [104] European Commission (2003) 2010: A Europe Accessible for All, Brussels: http://www.accessibletourism.org/resources/final_report_ega_en.pdf
- [105] European Commission (2007): Ageing Well in the Information Society, COM (2007)332 final, Brussels: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0332:FIN:EN:PDF>
- [106] Karner, C., Horváth, O. A stroke megbetegedés gazdasági és társadalmi jelentősége, *IME - Az egészségügyi vezetők szaklapja*. **13**(1): 47-50. (2014)
- [107] Healthcare and care through distance spanning solutions, 24 practical examples from Nordic region, Nordic Welfare Centre, Hadnagy J. (ed), 2019, ISBN: 978-91-88213-52-5: <https://nordicwelfare.org/wp-content/uploads/2020/01/NWC-VOPD-EN-webb.pdf>
- [108] WCAG 1.0: <https://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/#priorities>
- [109] WCAG 2.0: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>
- [110] GlobeNewswire: <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/05/29/2041108/0/en/Global-Augmented-Reality-and-Virtual-Reality-Market-is-expected-to-reach-USD-161-1-billion-by-2025-witnessing-48-8-CAGR-during-the-forecast-period-2020-2025-VynZ-Research.html>
- [111] VynZ Research: <https://www.vynzresearch.com/ict-media/augmented-reality-and-virtual-reality-market/request-sample>
- [112] Schanda, J. (ed): *Colorimetry: Understanding the CIE System*, Wiley-Interscience, 2007, ISBN: 978-0-470-04904-4
- [113]: ISO/CIE 11664-4:2019(E) Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space
- [114] Bartleson, C.J. Memory colors of familiar objects. *J. OSA*, **50**: 73-77. (1960)
- [115] Tarczali, T. Investigation of color memory, *PhD thesis*, University of Pannonia, (2007)
- [116] StrokeBack project: Telemedicine System Empowering Stroke Patients to Fight Back, Grant Agreement Number: 288692, <http://www.strokeback.eu/>
- [117] ETRE colour-blindness simulator: <http://www.etre.com/tools/colourblindsimulator/>
- [118] Coblis by colblindor: <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>
- [119] ASP.NET ASP.NET colour-blindness simulator: <http://aspnetresources.com/tools/colorBlindness>
- [120] ColorOracle: <http://colororacle.org/>
- [121] AChecker: <https://achecker.ca/checker/index.php>
- [122] Google Chrome SEE app.:

<https://chrome.google.com/webstore/detail/see/dkihcccbkkakkbipikjimpnbamkgbjfdcn>

- [123] Variantor – an experience based tool to aid universal design: <http://variantor.com>
- [124] WebXACT: http://www.w3c.hu/talks/2006/wai_de/mate/watchfire.html
- [125] XValid: own tdeveloped est software
- [126] Nibbler: <https://nibbler.silktide.com/>
- [127] Goodwin, M., Susar, D., Nietzio, A., Snaprud, M., Jensen, C.S. Global Web Accessibility Analysis of National Government Portals and Ministry Web Sites, *Journal of Information Technology & Politics*, **8**, 41-67 (2011)
- [128] GOET project: GAME ON EXTRA TIME - Serious Educational Games to develop Prevocational Skills in People with Learning Difficulties, projekt azonosító: UK/08/LLP-LdV/TOI/163-181
- [129] ISG4Competence project: Intelligent Serious Games for Social and Cognitive Competence, projekt azonosító: 2015-1-TR01-KA201-022247
- [130] CREATE project: “Colour Research for European Advanced Technology Employment” (MSCF-CT-2006-045963)
- [131] DfA “Design for All for eInclusion” DfA@eInclusion 033838 project
- [132] WebAccess project: web_access “Joint Programme on Accessible Web Design” (133818-LLP-1-2007-1-AT-ERASMUS-ECDEM)
- [133] LUDI TD COST Action TD1309 Play for Children With Disabilities: <https://www.ludi-network.eu/>
- [134] COST CA19104 Advancing Social inclusion through Technology and Empowerment: <https://www.cost.eu/cost-action/advancing-social-inclusion-through-technology-and-empowerment/#tabs|Name:overview>
- [135] Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE): <https://aaate.net/>
- [136] King Salman Center For Disability Research: <https://www.kscdr.org.sa/en/>